



Påverkan av jordbearbetning och pesticider på abundans och bytesval hos jordlöpare

Effects of tillage methods and pesticide use on carabid abundance and prey choice

Ellen Dahlgren

Självständigt arbete • 15 hp

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap/Institutionen för ekologi

Agronomprogrammet – mark/växt

Uppsala 2021



Påverkan av jordbearbetning och pesticider på abundans och födoval hos jordlöpare

Effects of tillage methods and pesticide use on carabid abundance and prey choice

Ellen Dahlgren

Handledare: Eirini Daouti, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för ekologi
Bitr. handledare: Mattias Jonsson, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för ekologi
Examinator: Riccardo Bommarco, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för ekologi

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i biologi
Kurskod: EX0894
Program/utbildning: Agronomprogrammet – mark/växt
Kursansvarig inst.: Institutionen för vatten och miljö

Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2021
Omslagsbild: Läderlöpare (*Carabus coriaceus*) fotad av Eirini Daouti sommaren 2018

Nyckelord: jordlöpare, ogräsfröpredation, bladluspredation, alternativ föda, insekticider, herbicider, jordbearbetning

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för ekologi

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

☒ JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

Sammanfattning

Syftet med denna uppsats är att undersöka om jordlöparens predationsspecialisering (d') och aktivitetsdensitet (förekomst) påverkas av jordbearbetning, insekticid- och herbicidanvändning.

Jordlöpare har samlats in från höstsådda fält i fyra olika länder i Europa och utifrån deras maginnehåll har ett predationsspecialiseringsindex (d') för ogräsfrön, bladlöss (*Aphidoidea*), daggmaskar (*Lumbricidae*) och hoppstjärter (*Collembola*) beräknats. Predationsspecialisering (d') är ett mått på hur specialiserade jordlöpare är på att konsumera en viss födotyp i förhållande till övriga undersökta sådana. För statistiska analyser har linjära regressioner och Students t-test utförts i R. Resultaten visar att vid insekticidanvändning och ökad herbicidintensitet minskar både jordlöparnas predationsspecialisering (d') på ogräsfrön och bladlöss samt deras aktivitetsdensitet. Insekticidanvändningen minskade även predationsspecialiseringen (d') på hoppstjärter. Mellan jordbearbetningsmetoderna plöjning och plöjningsfritt upptäcktes ingen skillnad på varken predationsspecialisering (d') eller aktivitetsdensitet, vilket kan bero på hög förekomst av insekticider och herbicider i de plöjningsfria systemen. Resultaten tyder på att jordlöpare uppvisar mer generalistiska snarare än specialiserade födobeteenden samt får en lägre aktivitetsdensitet när fler kemiska bekämpningsmedel används i jordbruket.

Nyckelord: jordlöpare, ogräsfröpredation, bladluspredation, alternativ föda, insekticider, herbicider, jordbearbetning

Abstract

The essay aims to investigate if carabid predation specialization and activity density is affected by tillage or use of insecticides and herbicides.

Carabids (*Carabidae*) were collected from autumn sown fields in four European countries, and from their gut content a predation specialization index (d') for weed seeds, aphids (*Aphidoidea*), earthworms (*Lumbricidae*) and springtails (*Collembola*) were calculated. Predation specialization (d') measures how specialized the carabids are in consuming one particular prey type compared to the other studied prey types. Statistical analyses included linear regressions and Student's t-test and were conducted in R. Results indicate that the use of insecticides and increasing use of herbicides decrease both the carabid's predation specialization (d') of weed seeds and aphids as well as their activity density. Insecticide use also showed a decreased predation specialization on springtails. When compared, no difference in the effects on either predation specialization (d') or activity density were found between inversion and non-inversion tillage. This may be caused by intensive use of insecticides and herbicides in the non-inversion systems. The results suggest that when pesticides are used carabids tend to show generalist rather than specialist behaviour and reduce their activity density in agriculture.

Keywords: carabids, weed seed predation, aphid predation, alternative food, insecticides, herbicides, tillage

Innehållsförteckning

Figurförteckning.....	9
1. Inledning.....	11
1.1. Bakgrund	11
1.1.1. Jordbearbetning och pesticider påverkar jordlöpare	11
1.1.2. Jordlöpares olika födopreferenser	12
1.2. Syfte.....	13
1.3. Frågeställning	14
1.4. Hypoteser	14
2. Metod	16
2.1. Fältförsök	16
2.1.1. Torra fällor för predationsspecialisering (d')	16
2.1.2. Vattenfyllda fällor för aktivitetsdensitet	17
2.2. Analys av maginnehåll och beräkning av specialiseringsindex.....	17
2.3. Statistiska analyser.....	18
3. Resultat.....	20
3.1. Påverkan av insekticider på predations-specialiseringen (d') och aktivitetsdensitet	20
3.2. Påverkan av herbicider på predations-specialiseringen (d') och aktivitetsdensitet	22
3.3. Påverkan av jordbearbetning.....	24
3.4. Påverkan på alternativ föda.....	26
4. Diskussion.....	28
4.1. Effekter av insekticider och herbicider.....	28
4.2. Effekter av jordbearbetningsmetod	29
4.3. Effekt på alternativ föda.....	30
4.4. Betydelse för jordbruket.....	31
4.5. Metoddiskussion	32
4.6. Framtida studier.....	33
Referenser.....	34

Tack 38

Figurförteckning

Figur 1. Skillnad i predationsspecialisering (d') på ogräsfrön (a) och bladlöss (b) hos jordlöpare när insekticider används eller inte. * indikerar signifikant skillnad.	21
Figur 2. Skillnad i aktivitetsdensitet hos jordlöpare när insekticider används eller inte.* indikerar signifikant skillnad.	21
Figur 3. Predationsspecialisering (d') på ogräsfrön och bladlöss vid olika antal använda verksamma ämnen av herbicider. * indikerar signifikant samband.	22
Figur 4. Aktivitetsdensitet hos jordlöpare vid olika antal verksamma ämnen av herbicider. * indikerar signifikant samband.	23
Figur 5. Skillnaden mellan antalet verksamma ämnen av herbicider som har applicerats i fält när insekticider har använts eller inte. * indikerar signifikant skillnad.	24
Figur 6. Skillnad i predationsspecialisering (d') på ogräsfrön (a) och bladlöss (b) hos jordlöpare i plöjda eller plöjningsfria system. NS indikerar icke-signifikant skillnad.	25
Figur 7. Skillnad i aktivitetsdensitet hos jordlöpare i plöjda eller plöjningsfria system. NS indikerar icke-signifikant skillnad.	25
Figur 8. Fördelningen av antalet använda verksamma ämnen av insekticider (a) och herbicider (b) mellan plöjda och plöjningsfria system. * indikerar signifikant skillnad.	26
Figur 9. Skillnad i predationsspecialisering (d') på daggmaskar (a) och hoppstjärtar (b) hos jordlöpare när insekticider används eller inte. * indikerar signifikant skillnad, NS indikerar icke-signifikant skillnad.	27
Figur 10. Predationsspecialisering (d') på hoppstjärtar och daggmaskar jämfört med på ogräsfrön och bladlöss vid olika antal använda verksamma ämnen av herbicider. * indikerar signifikant samband och NS icke-signifikant samband.	27

1. Inledning

1.1. Bakgrund

Jordlöpare (Coleoptera: Carabidae) är en familj inom ordningen skalbaggar som innefattar ca 30.000 arter globalt varav ca 360 återfinns i Sverige. Olika arter har olika födopreferenser, vissa är herbivorer eller omnivorer (Nationalencyklopedin), men även karnivorer förekommer (Lövei & Sunderland 1996). Inom jordbrukslandskapet kan jordlöpare utföra två ekosystemtjänster: predation på ogräsfrön och predation på skadeinsekter så som bladlöss. En metod för att uppskatta förekomsten av jordlöpare inom ett område, exempelvis en åker, är att mäta aktivitetsdensiteten, ett mått på hur många jordlöpare som rör sig över en bestämd yta under en viss tid.

1.1.1. Jordbearbetning och pesticider påverkar jordlöpare

Jordbearbetning utförs med syfte att bekämpa ogräs, luckra jorden och vända ner gödsel (Etana 2020). Variationen av olika typer av jordbearbetning är stor, men en grov indelning är plöjning eller plöjningsfritt bruk. Aktivitetsdensiteten har visat sig minska vid plöjning (Shearin et al. 2007) och jordlöparsamhällen i plöjningsfria system kan ha högre antal individer och diversitet än systemen med plöjning (Blumberg & Crossley 1983). Däremot visade en studie från Michigan, USA att aktivitetsdensiteten var dubbelt så hög i plöjda system som i plöjningsfria, men artdiversiteten var högre i det senare. I systemet som var plöjningsfritt var förekomsten av granivora (frätande) jordlöpare högre, 32%, jämfört med 4% i de plöjda systemen (Menalled et al. 2007). Shearin et al. (2007) visade att olika arter påverkades olika av de undersökta metoderna av jordbearbetning. De två sistnämnda studierna pekar på att effekten av en insats inte påverkar alla jordlöpare i ett samhälle likadant. En dansk studie visade att plöjning leder till direkt dödlighet och att effekten, ett minskat antal individer i jordlöparsamhället, bestod i minst 26 dagar efter utförandet. Även indirekta effekter av plöjning som att habitat förstörs och föda försvinner leder till en minskning av jordlöpare, något som kan ha en större inverkan än den direkta dödligheten (Thorbeck & Bilde 2004). I dessa studier

varierar dock förekomsten av insekticider och herbicider i de plöjningsfria systemen. I Menalled et al. (2007) användes tre olika herbicider, i Blumberg & Crossley (1983) och Shearin et al. (2007) användes enbart en och Thorbek & Bilde (2004) utförde försöken på ekologiska fält.

Utöver effekter på jordlöpare minskar plöjning tillgången av ogräsfrön eftersom ogräs dödas eller skadas så att de hindras från att sätta frön. Vid plöjning vänds fröer ner i jorden och hindras från att gro samtidigt som ogräsfrön från tidigare år vänds upp till markytan och blir då tillgängliga för predation (Lundkvist 2014).

Användningen av herbicider har främst indirekta effekter på jordlöpare, när ogräs avlägsnas försvinner därmed det gynnsamma mikrohabitat som vegetationen utgjorde (Brust 1990; Asteraki et al. 1992). Det leder dessutom till att förekomsten av ogräsfrön minskar. Men det finns även indikationer på att herbicider orsakar subletala skador på jordlöpare exempelvis på DNA:t (Cavaliere et al. 2019) eller genom försämrat immunförsvar (Giglio et al. 2019). Om herbicider appliceras flera år i rad kan det leda till att jordlöparsamhället påverkas (Kegel 1989). Insekticider kan vara direkt skadliga för jordlöpare, både genom att orsaka subletala eller dödliga skador. Det sker dels genom att de utsätts direkt vid applicering och dels vid konsumtion av bladlöss som har dött till följd av insekticiderna. Dessutom sker då ingen biologisk kontroll eftersom bytet redan dödat till följd av kemisk bekämpning (de Heij & Willenborg 2020). Efter kemisk bekämpning minskar förekomsten av bytesdjur så som bladlöss. En studie från Danmark visade att många släkten av jordlöpare ökade i antal när den applicerade dosen av insekticider och herbicider reducerades till en fjärdedel av normaldosen. Alla släkten ökade dock inte vilket skulle kunna bero på att konkurrensen mellan olika jordlöpare ökade vid reducerad insekticid och herbiciddos (Navntoft et al. 2006).

1.1.2. Jordlöpares olika födopreferenser

Olika arter av jordlöpare uppvisar olika typer av födopreferenser, de kan vara omnivorer, herbivorer eller karnivorer som både kan äta levande byten eller kadaver (Lövei & Sunderland 1996; Nationalencyklopedin). Det huvudsakliga fokuset i denna uppsats för predationsspecialiseringen (d') är på bladlöss och ogräsfrön. Den föda som konsumeras utöver dessa två födotyper kallas här för alternativ föda efter en definition av de Heij & Willenborg (2020). Alternativ föda omfattar exempelvis dagmaskar och hoppstjärtar, men även spindlar, tvåvingar eller andra jordlöpare (Lövei & Sunderland 1996; Roubinet et al. 2017). Att det finns alternativ föda att tillgå kan öka överlevnaden och livslängden hos jordlöpare och andra nyttodjur (Lundgren 2009) samt bidra till att de bevaras inom jordbrukslandskapet, även när det finns få byten av skadegörare tillgängliga. Frank et al. (2011) menar att tillgången på alternativ föda har en avgörande roll för lyckad bevarande biologisk

kontroll. Men tillgången kan även leda till att predationstrycket på bladlöss och ogräsfrön minskar om förekomsten av alternativ föda är mer vanligt förekommande (de Heij & Willenborg 2020).

Predationen av bladlöss hos jordlöpare ökade i en studie från Uppsala med antalet bladlöss även om jordlöparna åt alternativ föda (Roubinet et al. 2017). I studien hittades bladlöss i maginnehållet hos jordlöpare tidigt under säsongen trots att antalet bladlöss som då observerades var få. Antalet bladlöss ökade sedan till den senare delen av säsongen (ibid.). Hur jordlöparna finner sin föda varierar mellan att slumpvis påträffa byten, att jaga dem genom att använda synen eller att känna av kemiska signaler från bland annat bladlöss (Lövei & Sunderland 1996). Förekomsten av bladlöss ökar jordlöparnas närvaro runt omkring de plantor som är angripna (Loughridge & Luff 1983; Winder et al. 2005). Vilken typ av föda som föredras kan dock förändras över tid, vuxna individer är mer benägna att uppvisa omnivora beteenden än larver som generellt är karnivorer (Lövei & Sunderland 1996). Att ändra jordbearbetningsmetod kan även påverka predationsnivåerna på skadegörare. En studie från Italien visade att predationen av bladlöss hos marklevande naturliga fiender, bland annat jordlöpare, var högre i fält som inte plöjdes (Tamburini et al. 2015). De visade även att abundansen av jordlöpare ökade i det plöjningsfria systemet så det är troligt att predationen till viss del ökade på grund av fler jordlöpare i sådana system.

Jordlöpares predation på ogräsfrön i jordbrukslandskapet har visats ha en signifikant påverkan på ogräsfrödödligheten (Menalled et al. 2007). Predationen kan vara så omfattande som 1000 frön/m²/dag, vilket kan påverka hur stora mängder av vissa ogräsfrön som tillförs fröbanken (Honěk et al. 2003). Vid olika förhållande som påverkas av exempelvis bruksmetoder, biotiska eller abiotiska faktorer utgör ogräsfröer olika stor del av jordlöparnas diet (Kulkarni et al. 2015). Mellan olika länder inom Europa förekommer i stora drag samma arter av granivorer (Honěk et al. 2003). I dagsläget är det inte kartlagt om födovalen påverkas av jordbruksmetoder.

1.2. Syfte

Syftet med denna uppsats är att undersöka om användningen av insekticider eller herbicider samt jordbearbetningsmetod påverkar predationsspecialiseringen (d') på ogräsfrön, bladlöss eller alternativ föda samt aktivitetsdensiteten hos jordlöpare. Detta kommer att utföras genom statistiska analyser av data från ett fältprojekt från fyra länder i Europa.

De jordbearbetningsmetoder som undersöks är plöjning och plöjningsfri jordbearbetning. Användningen av insekticider och herbicider anges som antalet verksamma ämnen som har applicerats i fält. Med predationsspecialisering (d') menas hur specialiserade jordlöpare är på att konsumera en specifik födotyp och undersöks med hjälp av ett specialiseringsindex. De alternativa födotyperna som undersöks är daggmaskar och bladlöss. Med alternativ föda avses alla födotyper som inte är bladlöss eller ogräsfrön.

1.3. Frågeställning

För att uppnå syftet med uppsatsen kommer följande frågor besvaras: (1) påverkas jordlöparens aktivitetsdensitet eller predationsspecialisering (d') på ogräsfrön eller bladlöss av om appliceringar av insekticider sker eller inte? (2) påverkas jordlöparens aktivitetsdensitet eller predationsspecialisering (d') på ogräsfrön eller bladlöss av ett ökat antal använda verksamma ämnen av herbicider? (3) påverkas jordlöparens aktivitetsdensitet eller predationsspecialisering (d') på ogräsfrön eller bladlöss av om marken plöjs eller inte? (4) påverkas jordlöparnas predationsspecialisering (d') på hoppstjärter och daggmaskar av insekticid- eller herbicidanvändning?

1.4. Hypoteser

Vid applicering av insekticider väntas följande effekter på jordlöparna: (1) att predationsspecialiseringen (d') på bladlöss minskar till följd av minskad förekomst av bladlöss. (2) att predationsspecialiseringen (d') på ogräsfrön istället ökar samt (3) att aktivitetsdensiteten hos jordlöparna minskar till följd av direkta och indirekta effekter av insekticiderna.

När antalet applicerade verksamma ämnen av herbicider ökar väntas följande effekter på jordlöparna: (4) att predationsspecialiseringen (d') på ogräsfrön minskar till följd av minskad förekomst av ogräsfrön. (5) att predationsspecialiseringen (d') på bladlöss istället ökar samt (6) att aktivitetsdensiteten hos jordlöparna minskar till följd av förändrat mikrohabitat. Herbicidanvändningen har i datan angetts i antal verksamma ämnen och har därmed räknats på så sätt i uppsatsen.

Val av jordbearbetningsmetod väntas ha följande effekter på jordlöparna: (7) att predationsspecialiseringen (d') på ogräsfrön är högre i plöjningsfria än plöjda system eftersom det förekommer fler ogräsfrön och granivora jordlöpare där än i plöjda system. (8) att predationsspecialiseringen (d') på bladlöss istället är högre i

plöjda system. (9) aktivitetsdensiteten väntas vara högre i plöjningsfria system till följd av en lägre direkt dödlighet vid avsaknaden av plöjning.

För alternativ föda väntas: (10) att predationsspecialiseringen (d') på daggmaskar och hoppstjärter ökar vid insekticid- och herbicidanvändning.

2. Metod

Jag undersökt hur jordbearbetning, insekticid- och herbicidbehandling påverkar aktivitetsdensiteten hos jordlöpare samt deras specialiseringsgrad på födotyperna ogräsfrön och bladlöss. Till viss grad har även predationsspecialiseringen (d') på alternativa födotyperna dagmaskar och hoppstjärtar undersökts. Datan som har använts kommer från projektet BioAWARE (Bohan 2021).

Insamlingen av data har skett genom interjuver med lantbrukare och fällor i 15 fält var från fyra olika länder; Frankrike, Österrike, Tjeckien och Sverige. Alla fälten såddes under hösten 2017, fyra med korn och 56 med vete. Lantbrukarna har besvarat frågor som rör växtföljd, datum för sådd och skörd, sortval, gödning, jordbearbetning, behandlingar med pesticider samt avkastning. Av dessa är det jordbearbetning och behandlingar med insekticider och herbicider som har valts ut för följande analyser.

2.1. Fältförsök

Jordlöpare samlades in från de 60 fälten vid två insamlingstillfällen under 2018, i Maj och Juni i Frankrike, Österrike och Tjeckien samt i Juni och Juli i Sverige.

Jordlöparna har samlats in i två olika typer av fällor, en torr för individer vars maginnehåll analyserades som predationsspecialiseringen (d') beräknades utifrån och en vattenfylld för att beräkna aktivitetsdensiteten. I varje fält har fällorna placerats ut enligt följande försöksupplägg: I mitten av varje fältkant har en vinkelrät mittlinje dragits som går 32 meter in mot fältets mittpunkt. Parallellt med mittlinjerna har tre linjer per fältkant dragits och längsmed dessa har fällorna placerats på fyra olika distanser från fältkanten; 4, 8, 16 och 32 meter. Fällorna bestod av en plastmugg (7 cm i diameter och 15 cm djup) som placerades inuti ett plaströr som slagits ned i marken.

2.1.1. Torra fällor för predationsspecialisering (d')

De torra fällorna bestod av en plastmugg som fylldes med träflisor och placerades ut längsmed två av de tre linjerna vilket resulterade i 32 fällor per fält. Vid varje

insamlingstillfälle var fällorna öppna i 24 timmar, sedan tömdes innehållet från varje fälla i varsin hink. Hinkarna från samma distans (4, 8, 16 eller 32 meter in mot fältets mitt) i varje fält tömdes sedan ut på en bricka. Från varje distans samlades 25 jordlöpare ihop som mest, vilket totalt gav 100 jordlöpare per fält. Om det fanns fler än 25 jordlöpare från varje distans sorterades jordlöparna efter art och 25 individer valdes ut efter abundans. Om det fanns färre än 25 jordlöpare i fällan togs alla med. Jordlöparna placerades sedan enskilt i Eppendorfrör med huvudet nedåt och förvarades i en kylväska för transport till labb.

2.1.2. Vattenfyllda fällor för aktivitetsdensitet

Längsmed en av de tre linjerna in mot fältets mitt placerades vattenfyllda fällor, i varje fält fanns därmed 16 vattenfyllda sådana. Fällan fylldes till hälften med vatten, vilket motsvarar ca 100 ml, samt med 5 g salt, NaCl (50 g per liter) och med 2 ml doftfritt diskmedel (20 ml per liter). Saltet tillfördes för att bevara jordlöparna i god kondition under tiden fällan var öppen och diskmedlet för att minska ytspänningen. För att undvika översvämning i fällorna placerades ett tak 10 cm över öppningen. Vid vardera insamlingstillfälle var de vattenfyllda fällorna öppna i 7 dagar och tömdes sedan. Utifrån antalet jordlöpare i fällorna beräknades aktivitetsdensiteten till antal/fält/dag.

2.2. Analys av maginnehåll och beräkning av specialiseringsindex

Samma dag som insamlingen av jordlöpare skedde i fält togs deras maginnehåll till vara på labb. Eppendorfrören med jordlöparna i doppades i nyligen uppkokat vatten för att framkalla kräkningar. Sedan plockades jordlöparna ut ur rören och en mer noggrann artidentifiering utfördes innan de släpptes ut. Till maginnehållet tillsattes buffertlösning och frystes ned innan det skickades till universitetet i Innsbruck för molekylär analys. Metoden som användes för att identifiera födan ur maginnehållet var multiplex PCR där ett flertal målsekvenser kan detekteras i samma prov. De födotyper som eftersöktes var tre olika bladlöss, havrebladlus (*Rhopalosiphum padi* L.), sädesbladlus (*Sitobion avenae* Fabricius) och grönstrimmig gräsbladlus (*Metopolophium dirhodum* Walker), daggmaskar (*Lumbricidae*), hoppstjärtar (*Collembola*) och växtmaterial (som antas vara ogräsfrön).

Med hjälp av maginnehållet har ett index för predationsspecialisering, d' , beräknats fram (Blüthgen et al. 2006). För att beräkna predationsspecialiseringsindexet d' inom varje fält har förekomsten av interaktionerna inom ett nätverk mellan predatorn jordlöpare och de undersökta födotyperna härletts. Påverkan av faktorer inom försöket som nätverkets storlek, asymmetri eller antalet interaktioner inom

det har en liten påverkan på indexet, vilket gör det lämpligt för denna analys. För att kvantifiera specialiseringen per fält beräknades indexet, d_i , som är relaterat till Shannon diversitet och tar hänsyn till tillgängligheten av de interagerande parterna. Indexet d_i jämför fördelningen av interaktionerna med varje partner (p'_j) till den generella tillgängligheten av alla partners (q_j). Kullback-Leibler distansen för varje fält kan beskrivas som:

$$d_i = \sum_{j=1}^c (p'_{ij} \times \ln \frac{p'_{ij}}{q_j})$$

Där c är antalet bytesarter och p'_{ij} proportionen av interaktionerna delade med summan av interaktionerna för varje fält (i). Indexet kvantifierar hur mycket ett fält avviker från en förväntad slumpvald tillgänglighet av födotyper. Ekvationen normaliserades därefter till:

$$d'_i = \frac{d_i - d_{min}}{d_{max} - d_{min}}$$

Det teoretiska maximumvärdet ges av $d_{max} = \ln(\frac{m}{A_i})$ där m är det totala antalet interaktioner och A_i är interaktionens förekomst i fältet (i). Det teoretiska minimivärdet (d_{min}) är 0 för specialfallet $q'_j = p'_{ij}$. För vidare information om beräkningarna se Blüthgen et al. (2006). För varje fält har indexet d' beräknats för fyra olika funktioner, alltså de fyra födotyperna som beräkningarna är gjorda för, för lägre trofiska nivåer i R med paketet "bipartite" (Dormann et al. 2020).

Indexet varierar mellan 0-1 (låg till hög specialisering). Ett värde för specialiseringen av födotyperna ogräsfrön, bladlöss, daggmaskar och hoppstjärter inom varje fält har beräknats för de båda insamlingstillfällena. Förekomsten av de tre arterna av bladlöss i maginnehållet har sammanslagits till ett index. $d' = 1$ innebär att jordlöparna inom det fältet var helt specialiserade och åt enbart den specifika födan. Om $d' = 0$ konsumerade jordlöparna inom det fältet lika mycket av olika födotyper och var därmed generalister. Hur stora mängder av de olika födotyperna som jordlöparna har konsumerat återspeglas ej i indexet utan enbart proportionerna jämfört med övriga födotyper.

2.3. Statistiska analyser

För att utföra statistiska analyser av datan har programmet R version 4.0.4 använts (R Core Team 2021). Insekticidanvändningen har kategoriserats som användes eller ej. Detta eftersom insekticider inte applicerades i ca hälften av fälten (26 st) och enbart i ett fåtal fält användes mer än ett verksamt ämne, 2 eller 3 st applicerades i

4 respektive 1 fält. Ett t-test utfördes sedan mellan de båda grupperna för predationsspecialiseringen (d') på ogräsfrön, bladlöss och för aktivitetsdensiteten. För att undersöka om användningen av herbicider har en påverkan på predationsspecialiseringen (d') och aktivitetsdensiteten har linjär regression använts (Fitting Linear Models). Herbicider applicerades i 42 av fälten och var därmed vanligare än insekticider, dessutom var antalet verksamma ämnen som användes fler och mer varierande än för insekticider. Därför anses linjär regression vara en lämplig metod i detta fall. För insekticid- och herbicidanvändning undersöktes även predationsspecialiseringen (d') på den alternativa föda som det fanns data för, dagmaskar och hoppstjärtar. Vid analys av jordbearbetningsmetodens påverkan utfördes t-test mellan grupperna plöjning och plöjningsfritt för predationsspecialisering (d') på ogräsfrön och bladlöss samt för aktivitetsdensiteten. För att undersöka om herbicider och insekticider användes mer intensivt i samband med någon av jordbearbetningsmetoderna utfördes t-test för antalet verksamma ämnen av vardera av medlen där plöjning och plöjningsfria system jämfördes. Även en jämförelse av hur herbiciderna var fördelade inom grupperna insekticider användes eller ej utfördes. Graferna som presenteras i resultatet är gjorda med paketet "ggplot2" (Wickham 2016). Till graferna har färger som går att särskilja för färgblinda använts (Okabe & Ito 2008). För att markera statistisk signifikans mellan lådagran i samma figur användes paketet "ggsignif" (Ahlmann-Eltze & Patil 2021).

3. Resultat

Det högsta värdet för predationsspecialiseringen (d') var för ogräsfrön $d' = 0,36$ och för bladlöss $d' = 0,15$. I båda fallen var den lägsta specialiseringen $d' = 0$. Den högsta aktivitetsdensiteten som uppmättes var 2845 jordlöpare/fält/dag och den lägsta 69.

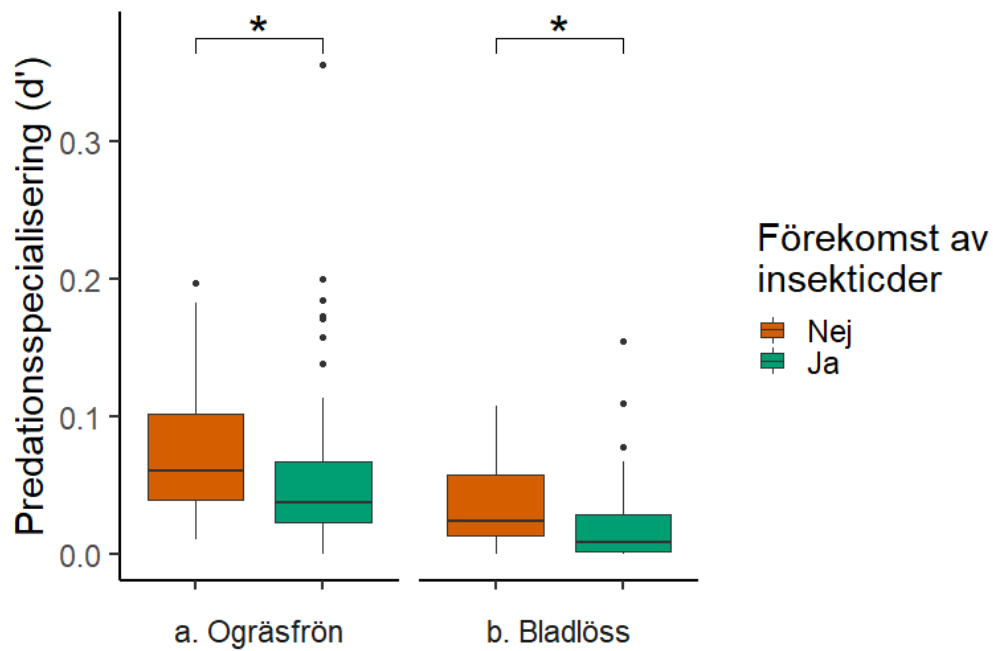
Lantbrukarna har uppgett hur många verksamma ämnen av insekticider och herbicider som har applicerats i grödan. Insekticider har applicerats i 32 av fälten medan inga insekticider används i 26 av fälten. I de fält där insekticiderna har applicerats har mellan 1 och 3 verksamma ämnen används. Medelvärde för antalet applicerade verksamma ämnen per fält är 0,66 och vanligast förekommande är 1 verksamt ämne. Herbicider har applicerats i 42 av fälten, medan inga har applicerats i 16 av fälten. När herbicider har applicerats har mellan 1-12 verksamma ämnen använts. Medelvärde för antalet applicerade herbicider är 3,63 och vanligast förekommande är 3 aktiva ingredienser. Vad gäller jordbearbetningen har de flesta fälten, 37 av 58 plöjts medan övriga 21 fält har brukats plöjningsfritt. I plöjningsfritt bruk vänds inte jorden (och eventuella skörderester) ned i marken så som med plöjning, men grundare bearbetning förekommer.

Uppgifter från lantbrukare saknas för två av fälten i Sverige och därmed har dessa har uteslutits från analyserna. Utöver det förstördes de vattenfyllda fällorna av vilda djur på två av fälten i Sverige och även dessa har uteslutits, varav ett av fälten var samma som saknade uppgifter från lantbrukare. Sammanlagt har data om predationsspecialisering (d') använts från 58 fält och aktivitetsdensiteten från 57 insamlat vid två olika tidpunkter.

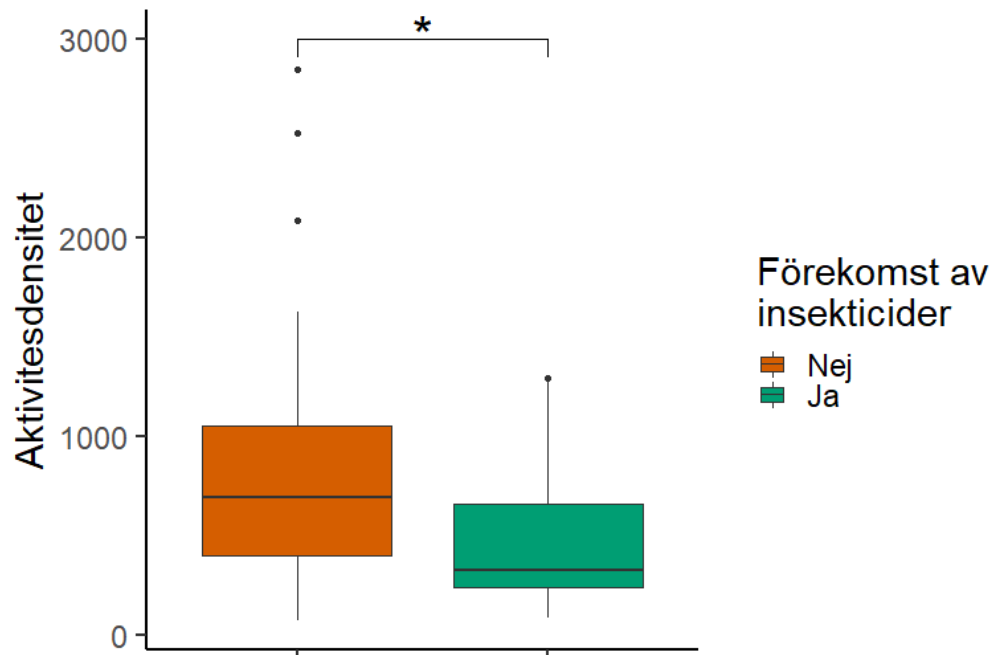
3.1. Påverkan av insekticider på predationsspecialiseringen (d') och aktivitetsdensitet

Att använda pesticider i grödan påverkar jordlöparnas beteende och förekomst. När de appliceras i ett fält minskar predationsspecialiseringen (d') på ogräsfrön från 0,078 till 0,057 i genomsnitt ($P = 0,048$, Figur 1.a) och på bladlöss från 0,034 till 0,020 ($P = 0,011$, Figur 1.b). Utöver påverkan på jordlöparnas beteende minskar

även aktivitetsdensiteten från i genomsnitt 798 stycken/fält/dag till 442 när insekticider användes ($P < 0,001$; Figur 2).



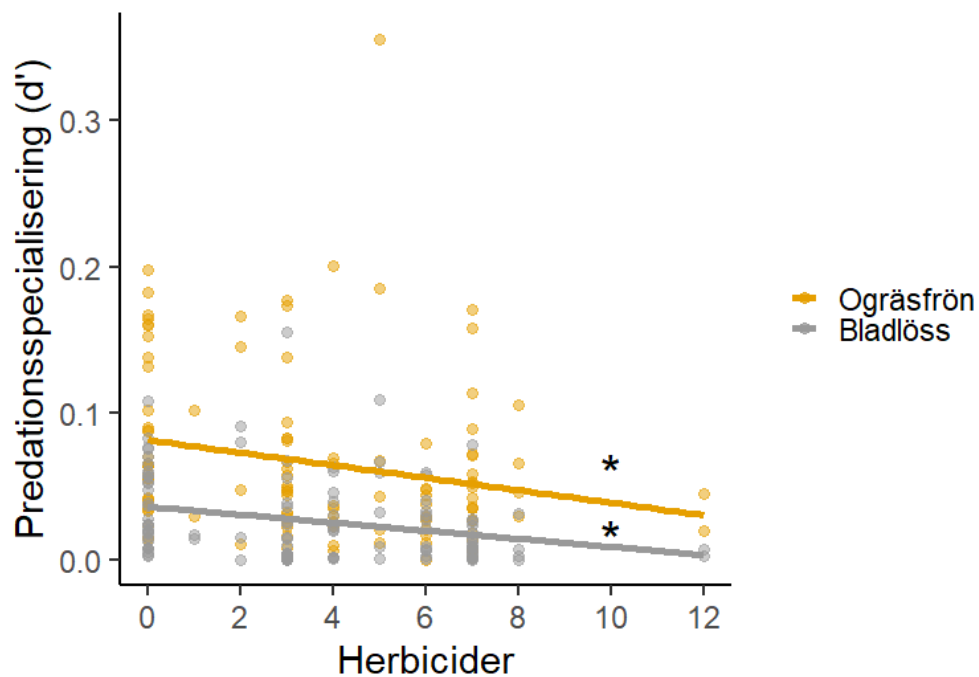
Figur 1. Skillnad i predationsspecialisering (d') på ogräsfrön (a) och bladlöss (b) hos jordlöpare när insekticider används eller inte. * indikerar signifikant skillnad.



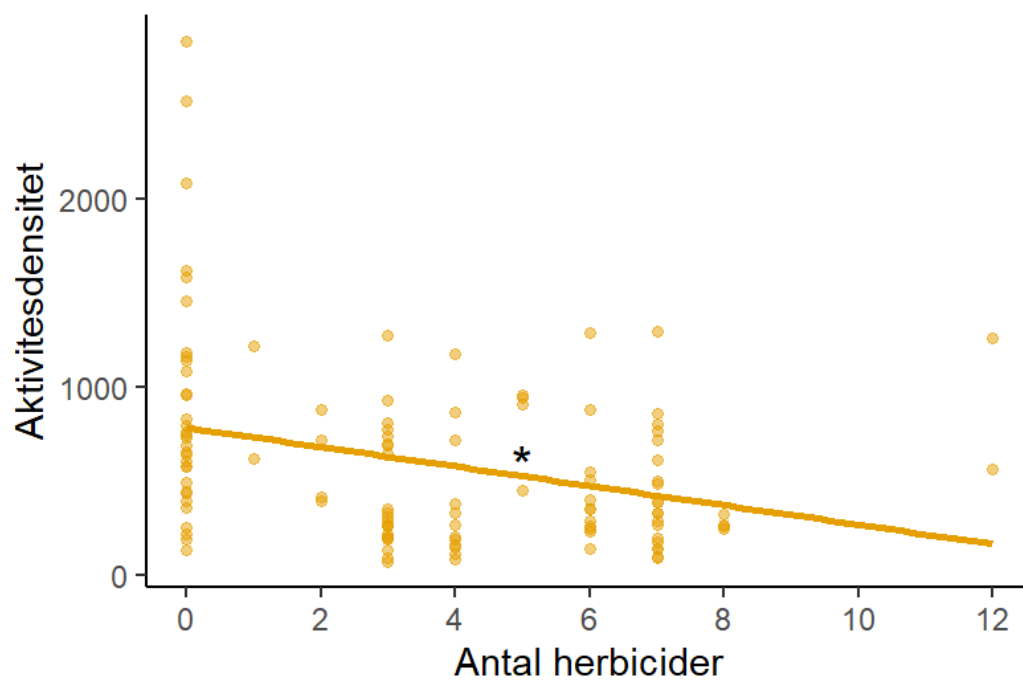
Figur 2. Skillnad i aktivitetsdensitet hos jordlöpare när insekticider används eller inte. * indikerar signifikant skillnad.

3.2. Påverkan av herbicider på predations-specialiseringen (d') och aktivitetsdensitet

Att öka antalet verksamma ämnen av herbicider som appliceras i fält har en påverkan på beteende och förekomst. Ju fler herbicider som appliceras i ett fält, desto lägre blir jordlöparnas predationsspecialisering (d') både på ogräsfrön ($P = 0,018$; $y = 0,082 - 0,004x$; $R^2 = 0,048$) och bladlöss ($P = 0,003$; $y = 0,036 - 0,003x$; $R^2 = 0,077$) (Figur 3). Även aktivitetsdensiteten hos jordlöparna minskar när fler herbicider används ($P < 0,001$; $y = 785 - 52x$; $R^2 = 0,099$; Figur 4)

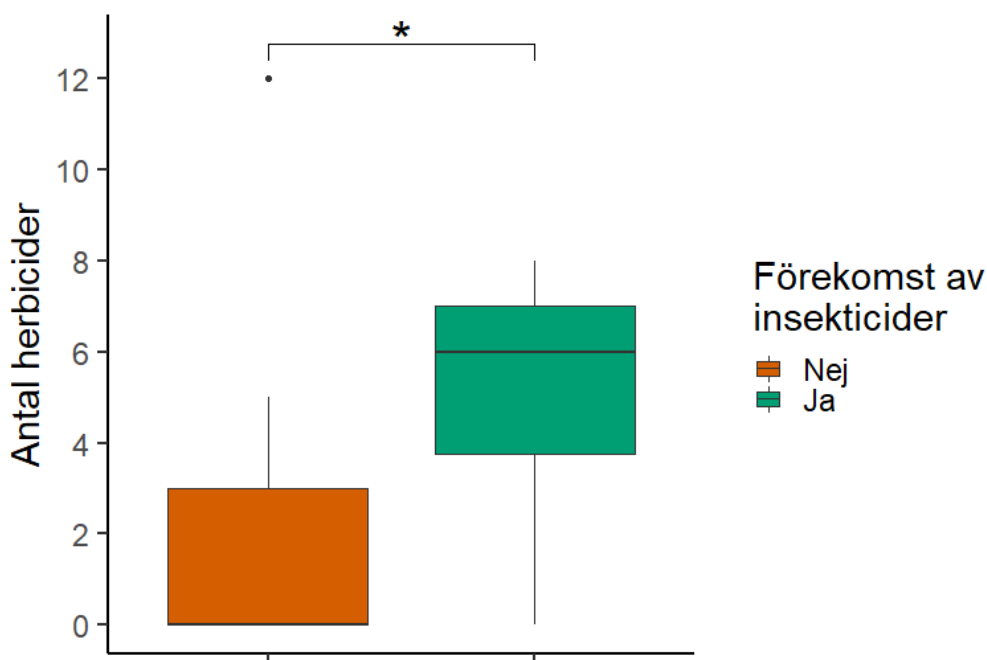


Figur 3. Predationsspecialisering (d') på ogräsfrön och bladlöss vid olika antal använda verksamma ämnen av herbicider. * indikerar signifikant samband.



Figur 4. Aktivitesdensitet hos jordlöpare vid olika antal verksamma ämnen av herbicider. * indikerar signifikant samband.

Eftersom predationsspecialiseringen (d') på både bladlöss och ogräsfrön minskar vid applicering av insekticider och ökad herbicidintensitet undersöks om det finns en skillnad i herbicidbehandling beroende på om insekticider applicerats eller ej. När insekticider har applicerats har signifikant fler verksamma ämnen av herbicider använts ($P < 0,001$; Figur 5). Medelvärde av antalet verksamma ämnen av herbicider som har använts när insekticider inte använts är 1,6 och när de har använts 5,3. Av de fält som inte har behandlats med insekticider har 11 av 26 fält behandlats med herbicider. I 31 av 32 av de fält där insekticider har applicerats har även det samma gjorts för herbicider. Av de 16 fält som inte har behandlats med herbicider har enbart 1 behandlats med insekticider jämfört med 31 av de 42 fält där herbicider har applicerats.

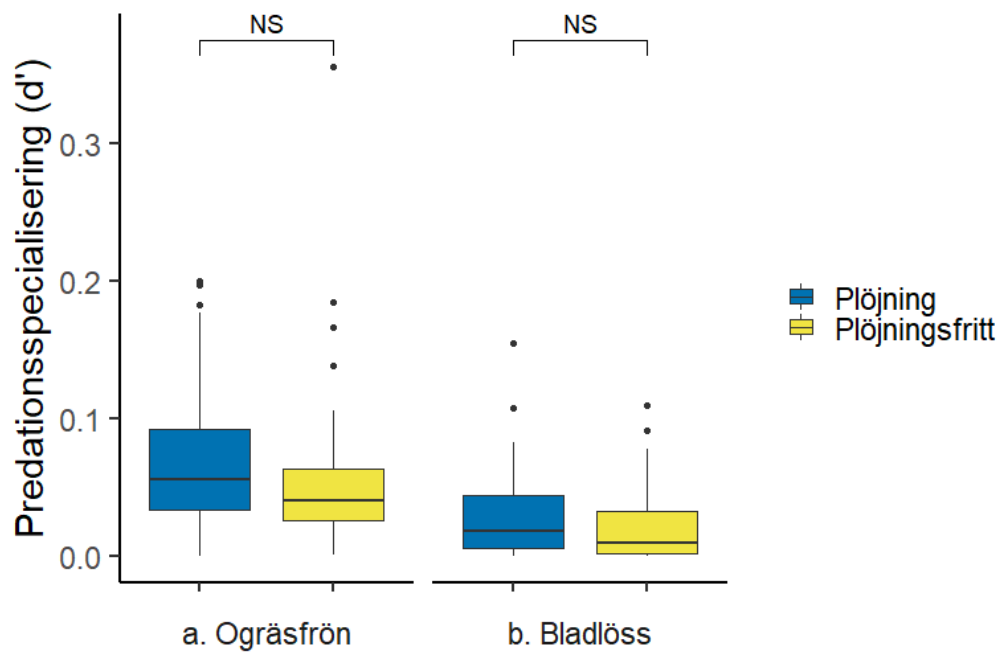


Figur 5. Skillnaden mellan antalet verksamma ämnen av herbicider som har applicerats i fält när insekticider har använts eller inte. * indikerar signifikant skillnad.

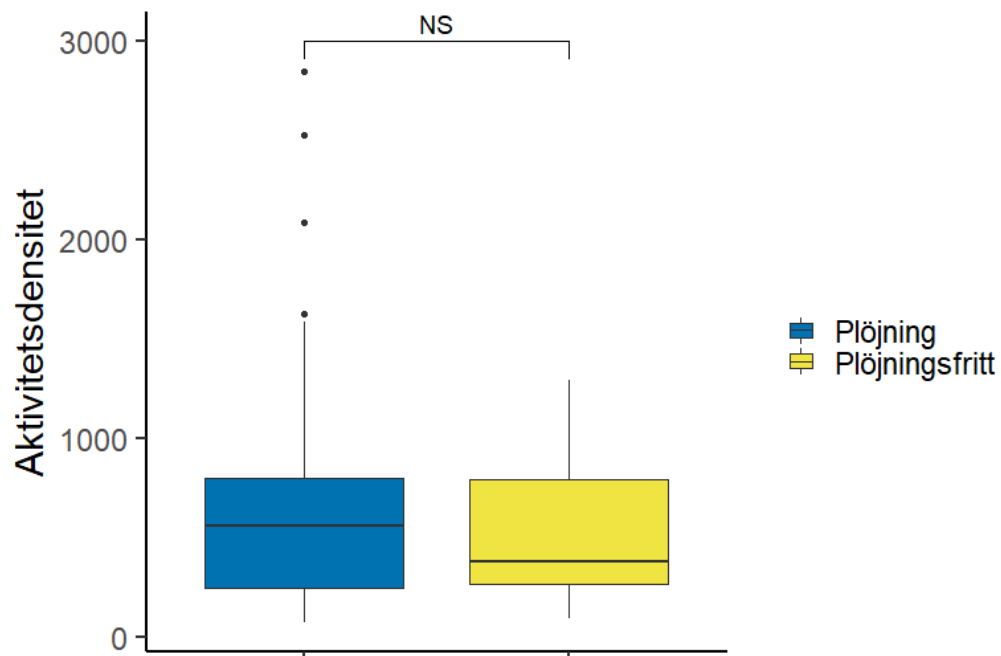
3.3. Påverkan av jordbearbetning

Vilken typ av jordbearbetning som används påverkade ej predationsspecialiseringen (d') på ogräsfrön eller bladlöss samt aktivitetsdensiteten. Predationsspecialiseringen (d') på ogräsfrön var i genomsnitt från 0,072 i plöjda och 0,056 i plöjningsfria system ($P = 0,164$; Figur 6.a). Predationsspecialiseringen (d') på bladlöss var i genomsnitt 0,028 i plöjda och 0,024 i plöjningsfria system ($P = 0,458$; Figur 6.b). Aktivitetsdensiteten hos

jordlöparna var i genomsnitt 641 st/fält/dag i plöjda system och 524 st/fält/dag i plöjningsfria ($P = 0,163$; Figur 7).

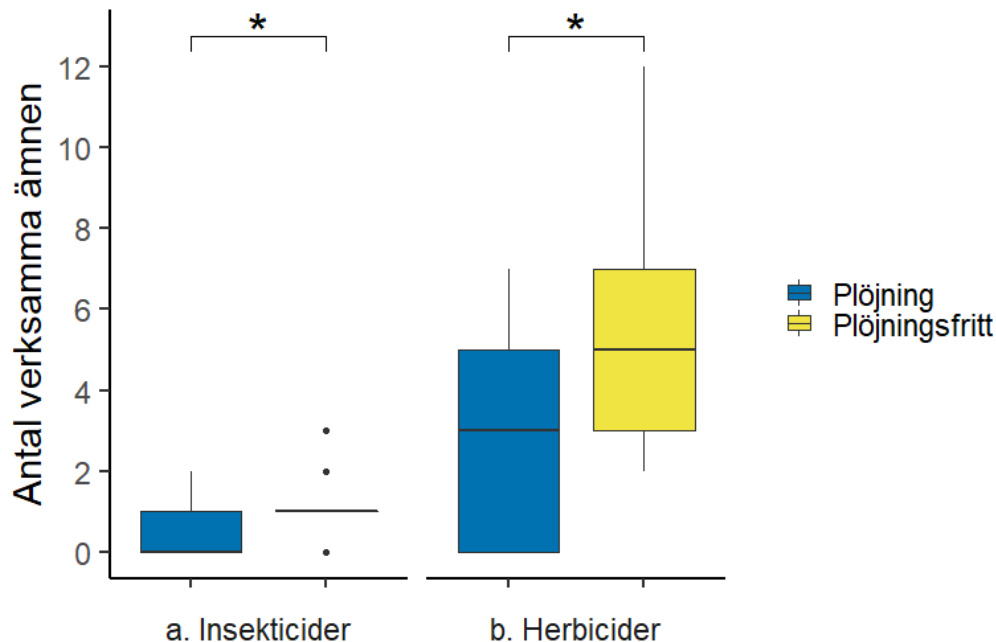


Figur 6. Skillnad i predationsspecialisering (d') på ogräsfrön (a) och bladlöss (b) hos jordlöpare i plöjda eller plöjningsfria system. NS indikerar icke-signifikant skillnad.



Figur 7. Skillnad i aktivitetsdensitet hos jordlöpare i plöjda eller plöjningsfria system. NS indikerar icke-signifikant skillnad.

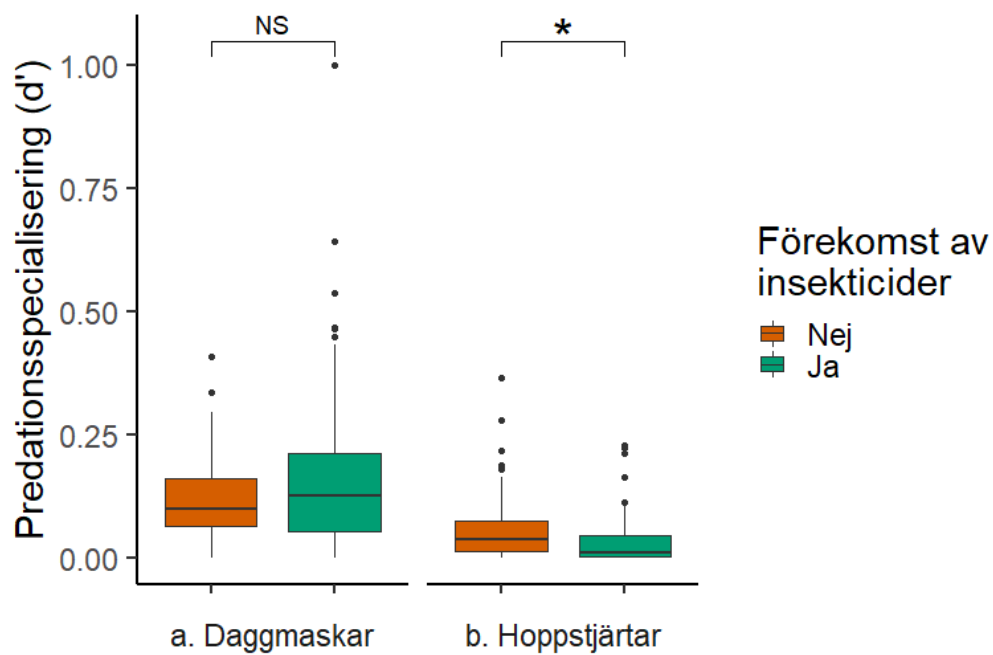
Användningen av insekticider ($P < 0,001$; Figur 8.a) och herbicider ($P < 0,001$; Figur 8.b) var högre i de plöjningsfria systemen än i de plöjda. I genomsnitt var insekticidanvändningen 0,4 verksamma ämnen i de plöjda systemen och 1,0 i de plöjningsfria. Herbicidanvändningen var i genomsnitt 2,7 verksamma ämnen i de plöjda och 5,3 i de plöjningsfria systemen.



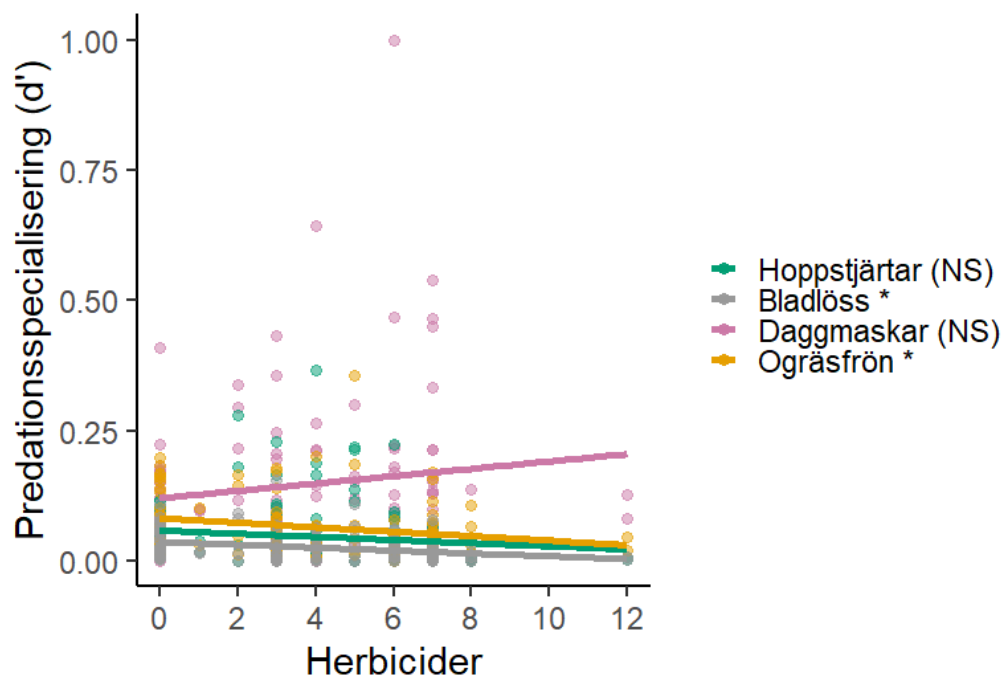
Figur 8. Fördelningen av antalet använda verksamma ämnen av insekticider (a) och herbicider (b) mellan plöjda och plöjningsfria system. * indikerar signifikant skillnad.

3.4. Påverkan på alternativ föda

Appliceringen av insekticider påverkar predationsspecialiseringen (d') på hoppstjärtar men inte dagmaskar. För hoppstjärtar var genomsnittet av predationsspecialiseringen (d') 0,063 vid ingen insekticidanvändning och 0,035 när de inte användes ($P = 0,026$; Figur 9.b). Om insekticider används är predationsspecialiseringen (d') på dagmaskar i genomsnitt 0,120 och om de inte används 0,166 ($P = 0,082$; Figur 9.a). Att använda herbicider har inte någon effekt på predationsspecialiseringen (d') på dagmaskar ($P = 0,142$; $y = 0,120 + 0,007x$; $R^2 = 0,020$) eller hoppstjärtar ($P = 0,154$; $y = 0,058 - 0,003x$; $R^2 = 0,018$) (Figur 10).



Figur 9. Skillnad i predationsspecialisering (d') på daggmaskar (a) och hoppstjärtar (b) hos jordlöpare när insekticider används eller inte. * indikerar signifikant skillnad, NS indikerar icke-signifikant skillnad.



Figur 10. Predationsspecialisering (d') på hoppstjärtar och daggmaskar jämfört med på ogräsfrön och bladlöss vid olika antal använda verksamma ämnen av herbicider. * indikerar signifikant samband och NS icke-signifikant samband.

4. Diskussion

4.1. Effekter av insekticider och herbicider

Resultaten visar att användningen av insekticider påverkar både jordlöparnas beteende genom att val av byten ändrades och aktivitetsdensiteten sjönk (Figur 1-2). Hypotes 1, att predationsspecialiseringen (d') på bladlöss skulle minska vid insekticidanvändning stämde med resultaten, troligen eftersom bladlössens förekomst minskade vid applicering av insekticider. Men att predationsspecialiseringen (d') på ogräsfrön minskade var oväntat och gick emot hypotes 2. Bladlössen förväntades minska vid insekticidanvändning och jordlöparna väntades bli mer specialiserade på att konsumera ogräsfrön men istället blev resultatet det motsatta. Det kan kanske förklaras av att användningen av herbicider är högre när insekticider appliceras i fält (Figur 5). Herbiciderna har troligen minskat förekomsten av ogräsfrön eftersom de syftar till att minska förekomsten ogräs från åkern vilket leder till lägre förekomst av fröerna. Detta innebär att det finns en viss påverkan av herbicider när insekticider undersöks och vice versa, alltså är de inte helt skilda från varandra.

Aktivitetsdensiteten var som väntat (hypotes 3) lägre när insekticider används eftersom jordlöparna påverkas negativt av dessa. Insekticider kan dels skada jordlöparna direkt genom att de får medlet på sig vid applicering eller genom predation av bladlöss och andra bytesdjur som dött till följd av insekticidappliceringen (de Heij & Willenborg 2020). Hur stor påverkan det har på jordlöpare att konsumera bytesdjur som dött av insekticider kan variera beroende på vilken eller vilka produkter som har använts, något som inte har inkluderats i denna uppsats. I Sverige rekommenderar Jordbruksverkets växtskyddscentraler (2021) att bladlöss i stråsäd bekämpas med produkten Teppeki, som är skonsam mot nyttodjur. Som andrahandsval rekommenderas pyretroider men dessa är i många fall ohälsosamma mot naturliga fiender (ibid.). Resultaten kan därmed påverkas av vilken produkt som har använts och att komplettera med den informationen hade möjliggjort att undersöka hur stor påverkan olika produkter har

för minskningen av jordlöparens predationsspecialisering (d') på ogräsfrön och bladlöss.

När fler herbicider appliceras i ett fält får det som följd att predationsspecialiseringen (d') på ogräsfrön och bladlöss minskar (Figur 3). Att så skedde för ogräsfrön var väntat (hypotes 4) och kan förklaras av herbicidernas både direkta och indirekta effekter. Det är dessutom troligt att de gårdar som under det undersökta året applicerade många eller inga herbicider har haft samma vana under tidigare år vilket kan påverka förekomsten av ogräs. I motsats till förväntningarna, se hypotes 5, minskade även predationsspecialiseringen (d') på bladlöss, vilket kan bero på minskad förekomst av dessa eftersom insekticider var mer vanligt förekommande när herbicidintensiteten ökade (Figur 5). Aktivitetsdensiteten minskade i enlighet med hypotes 6 vid ett ökat antal använda verksamma ämnen av herbicider (Figur 4) något som var förväntat eftersom jordlöparsamhället påverkas negativt av att mikrohabitatet förändras i och med avlägsnandet av ogräs (Brust 1990). Det är även troligt att jordlöparna påverkades av den stora förekomsten av insekticider som korrelerade med användningen av fler herbicider.

4.2. Effekter av jordbearbetningsmetod

Ingen skillnad i predationsspecialisering (d') eller aktivitetsdensitet mellan de olika jordbearbetningsmetoderna upptäcktes. Predationsspecialiseringen (d') på ogräsfrön (Figur 6.a) väntades enligt hypotes 7 vara högre i det plöjningsfria systemet, men ingen sådan effekt syntes. Hypotesen grundades i att det i det plöjningsfria systemet skulle förekomma fler ogräsfrön eftersom dessa inte plöjdes ned. Men på grund av den höga förekomsten av herbicider i de plöjningsfria systemen (Figur 8.b) uteblev troligen effekten till följd av avsaknad av ogräs. Att användningen av herbicider ökade när marken inte plöjdes är dock inte förvånande då plöjning är en effektiv ogräsbekämpningsmetod (Lundkvist 2014). När mekanisk bekämpning uteblir kan istället kemisk sättas in för att bibehålla ett lågt ogrässtryck. Predationsspecialiseringen (d') på bladlöss (Figur 6.b) väntades vara högre när marken plöjdes (hypotes 8) än när den inte gjorde det eftersom tillgången på ogräsfrön då är lägre. Eftersom användningen av insekticider var lägre i de plöjda systemen (Figur 8.a) borde jordlöparna där få möjlighet att bli mer specialiserade på att konsumera bladlöss jämfört med de plöjningsfria systemen. Varför resultatet är det motsatta går inte att förklara utifrån den tillgängliga datan men ett alternativ är att artsammansättningen har ändrats vilket påverkar jordlöparsamhällets predationsbeteende (Blumberg & Crossley 1983; Menalled et al. 2007; Shearin et al. 2007).

Aktivitetsdensiteten av jordlöpare väntades enligt hypotes 9 att vara högre i plöjningsfria system, en effekt som uteblev (Figur 7). Inte heller en ökad aktivitetsdensitet i det plöjda systemet, vilket visades i en studie som jämförde plöjda med plöjningsfria system och hade ett flertal verksamma ämnen av herbicider i båda (Menalled et al. 2007), har varit möjlig att påvisa. Det plöjningsfria systemet i mina analyser är mer jämförbart med denna på grund av den högre förekomsten av herbicider. Varför mina resultat inte stämmer överens med dessa kan troligen bero på att det har applicerats fler insekticider i de plöjningsfria systemen som här har undersökts. Dessa har motsatt effekt på jordlöparens aktivitetsdensitet som plöjningsfritt bruk kan effekten av dessa ha motverkat den av jordbearbetning. Värt att tänka på är också att dessa fält har jordbearbetats under året innan eftersom höstsådda grödor är odlade på alla fält. Men eftersom minskningen av aktivitetsdensiteten kvarstår inom jordlöparsamhället under åtminstone 26 dagar (Thorbek & Bilde 2004) skulle effekter av plöjning på hösten kunna kvarstå till kommande säsong.

4.3. Effekt på alternativ föda

Pesticidanvändningen väntades öka predationsspecialiseringen (d') på daggmaskar och hoppstjärtar eftersom de andra födotyperna minskar vid appliceringarna. Istället minskade insektidanvändningen predationsspecialiseringen (d') på hoppstjärtar (Figur 9.b). Eftersom hoppstjärtar kan påverkas negativt och minska i antal när insekticider används (Anbarashan & Gopalswamy 2013; Joseph 2017) kan den minskade predationsspecialiseringen (d') troligtvis förklaras av minskad tillgång på dessa. För predationsspecialisering (d') på daggmaskar fanns inget signifikant samband (Figur 9.a). Minskningen av predationsspecialiseringen (d') på ogräsfrön, bladlöss och hoppstjärtar innebär att jordlöparna vid användning av insekticider går från att vara specialiserade till att bli mer generalistiska. Herbicidanvändningen har ingen påverkan på predationsspecialisering (d') på daggmaskar eller hoppstjärtar (Figur 10). De födotyper som har valts ut här är några som är vanliga för jordlöpare att konsumera, men de kan även tex konsumera tvåvingar, spindlar eller andra jordlöpare (Lövei & Sunderland 1996; Roubinet et al. 2017). För att utföra PCR-analyser måste det i förhand vara känt vilka födotyper som ska eftersökas i maginnehållet, vilket kan vara svårt att förutse. Vid de olika behandlingarna kan det alltså ha skett ändringar i predationsspecialiseringen (d') på andra födotyper som inte syns i resultaten. Nyttan av alternativ föda har för jordlöparna diskuterats i litteraturen (Lundgren 2009; Frank et al. 2011; de Heij & Willenborg 2020), men utifrån analyserna i denna uppsats är det ej möjligt att dra några slutsatser av vilken vikt som de alternativa födotyperna har för jordlöparsamhället.

4.4. Betydelse för jordbruket

Resultaten tyder på att när kemiska bekämpningsmedel mot ogräs eller skadedjur används påverkas jordlöparna genom att deras specialiseringsgrad på att konsumera bladlöss och ogräsfrön minskar, de blir mer generalistiska vilket ett sjunkande d' tyder på. Detta kan bero av flera orsaker varav en är att när den födotyp som vissa jordlöpare var specialiserade på att konsumera minskar i tillgänglighet tvingas predatorerna att välja annan föda. En annan förklaring skulle kunna vara att när aktivitetsdensiteten minskar till följd av de undersökta behandlingarna är inte artsammansättningen inom jordlöparsamhället densamma (Menalled et al. 2007). Om de generalistiska arterna blir vanligare skulle det kunna påverka predationsbeteendet inom samhället. Men eftersom artdiversiteten inte är med i de analyser som har gjorts går det ej att dra slutsatsen att den har påverkat predationsspecialiseringen (d'). Det leder dessutom till att slutsatser om predationsbeteendet inte heller går att dra. Förekomsten av födotyperna har inte inkluderats i analyserna. Hade de varit med hade det varit möjligt att se om det fanns ett samband mellan påverkan på predationsspecialiseringen (d') på födotyperna, eller jordlöparnas aktivitetsdensitet och födotypernas förekomst.

Det som framgår från dessa resultat är att naturliga fiender påverkas av de insatser som görs i fälten. Att vidta åtgärder inom IPM kan vara ett sätt att både gynna nyttodjur och upprätta en god skadedjurs- och ogräsbekämpning utan att enbart förlita sig på kemiska insatser. En viktig princip i IPM är att de insekticider som används ska vara så specifika på skadegöraren som möjligt och inte orsaka skador på de organismer som insatsen ej var riktad mot (Europeiska kommissionen 2017). Vid applicering av insekticider eller herbicider bör dessutom nyttan av insatsen vägas mot nyttan som jordlöparna utför, en ekosystemtjänst som är gratis och vid rätt förutsättningar effektiv. I en annan av IPMs principer ingår det att inte bara skydda utan också förbättra situationen för nyttodjur (ibid.). Resultaten från denna uppsats tyder på att sådana åtgärder kan leda till högre predationsspecialisering (d') på bladlöss och ogräsfrön samt högre aktivitetsdensitet hos jordlöpare. Genom IPM förbättras därmed den biologiska kontrollen som jordlöpare utför.

För det europeiska lantbruket innebär de resultaten som här har presenterats att insekticider och herbicider oavsiktligt kan påverka jordlöpare negativt direkt eller indirekt vilket har fått till följd att predationen blir mer generalistisk. Att bekämpa ogräs är en viktig del inom jordbruket som i framtiden kan behöva bli mer mekanisk eller beroende av ogräsfröpredation. Jordlöparna kommer fortfarande att missgynnas av den ogräsbekämpningen eftersom det förändrade mikrohabitatet har en negativ påverkan på dem (Brust 1990). Att bekämpa, och förebygga ogräs, är en viktig åtgärd för att få en bra skörd men som har negativa konsekvenser för jordlöpare. Hänsyn till naturliga fiender vid olika insatser i jordbruket måste tas,

men det är också viktigt att gynna grödan i största möjliga mån. Precis som Lundgren (2009) belyser i följande citat är grödan det viktigaste inom jordbruket.

[...] this then begs the question of how to incorporate biodiversity and non-prey foods into cropland without sacrificing the primary goal of agriculture, which is to produce the crop itself. (Lundgren 2009 s. 286)

4.5. Metoddiskussion

Datan som har använts kommer från projektet BioAWARE och har inte tagits fram i syfte att utföra dessa analyser. När datan samlades in skedde det vid två tillfällen i varje fält och analyserna har ej tagit hänsyn till förändringar som har skett över tid. Effekterna som syns i resultaten är därmed ett medelvärde mellan de två insamlingstillfällena. Förändringar i förekomsten av bland annat bladlöss (Roubinet et al. 2017) och andra födotyper kan ha ändrats över tid vilket möjliggör eller försvårar specialisering. För att få en bättre ögonblicksbild av påverkan av insekticider, herbicider och jordbearbetning hade enskilda analyser för vardera tillfälle behövt göras.

En nackdel för analyserna med datan som har använts är att det inte otvetydigt går att urskilja effekterna av de olika behandlingarna från varandra. Användningen av herbicider och insekticider var korrelerad och högre i de plöjningsfria systemen. Detta har lett till en viss osäkerhet i att diskutera resultaten, men det har i många fall varit möjligt att diskutera dem utifrån litteraturen. Å andra sida kommer datan som har använts från "vanliga gårdar" och därmed är representativ för lantbruket i Europa. Exempelvis syns det i datan att herbicider har använts oftare och i större kvantitet än insekticider, något som stämmer överens med statistiken över mängden sålda kemiska bekämpningsmedel i svenskt jordbruk (Kemikalieinspektionen 2020).

I studien samlades data in från 15 olika fält i fyra länder. På grund av avgränsningar och att datan från varje land är ganska liten analyserades inte predationsspecialiseringen (d') eller aktivitetsdensiteten från de olika länderna separat. Att jordbruk bedrivs med olika metoder i olika länder framgår från datan då exempelvis nästan inga kemiska medel har använts i Österrike och alla fält där har plöjts. Inom varje land har de olika fälten som undersökts varit placerade samma geografiska område så faktorer som väder kan antas vara liknande inom varje land. Sommaren 2018 när datan samlades in rådde värmebölja och torka i Sverige och i södra Europa regnade det ovanligt mycket (World weather attribution 2018), något som kan ha påverkat jordlöparsamhällena och utbudet av olika födotyper olika. Om all data hade kommit ifrån ett och samma område hade påverkan av vädret varit jämn för alla fält men eftersom det inte är fallet kan det finnas skillnader i resultaten

som beror på väder och som inte går att urskilja. Å andra sidan minskas inverkan av omständigheterna i ett område på resultatet när datainsamlingen har skett på så vitt skilda platser. Att undersöka information från flera platser samtidigt ger en bra översiktsbild av lantbruket i Europa.

4.6. Framtida studier

Framtiden för användandet av herbicider, framför allt glyfosat, inom EU är oviss. I framtiden kan tillgången på herbicider inte bara begränsas av juridiska bestämmelser utan även av resistens. Lantbrukare kan därmed behöva öka den mekaniska bekämpningen av ogräs, men även utnyttja ogräsfröpredation i större utsträckning. När avvägningen ska göras om vilken bekämpning som ska utföras är det viktigt att kunna ha med påverkan på naturliga fiender och andra nyttodjur i avvägningarna. Att dödligheten för jordlöpare ökar vid intensiv jordbearbetning har flera studier visat (Blumberg & Crossley 1983; Thorbek & Bilde 2004) men hur predationsspecialiseringen (d') påverkas är ännu inte klarlagd. För att undersöka jordbearbetningens påverkan på predationsspecialiseringen (d') anser jag att forskning om olika metoders effekter ska utföras. I de analyser som har utförts i denna uppsats har jordbearbetningen enbart delats upp i två grupper, plöjning och plöjningsfritt. Det är en grov indelning och kunskap om hur olika metoder påverkar predationsspecialiseringen (d') skulle behövas. I ett flertal studier har det undersökts hur olika metoder påverkar aktivitetsdensiteten eller direkta dödligheten hos jordlöpare (ibid.) samt predationsbeteenden (Menalled et al. 2007). Med inspiration från dessa studier skulle predationsspecialiseringen (d') kunna undersökas på liknande sätt som i BioAWARE-projektet. Om fler födotyper undersöks kan även eventuell påverkan av tillgången på alternativ föda undersökas i större utsträckning. Försöken skulle kunna pågå under flera år och i ett flertal länder samtidigt. För att inte hamna i samma situation som jag gjorde i resultaten kan användningen av insekticider och herbicider skiljas åt eller uteslutas helt. Det sistnämnda gör resultaten inte bara mer applicerbara i ett framtida konventionellt jordbruk med färre kemiska bekämpningsmedel utan också i ekologiskt.

Referenser

- Ahlmann-Eltze, C. & Patil, I. (2021). *ggsignif: Significance Brackets for "ggplot2"*. Version: 0.6.1. <https://CRAN.R-project.org/package=ggsignif> [2021-04-28]
- Anbarashan, P. & Gopalswamy, P. (2013). Effects of persistent insecticides on beneficial soil arthropod in conventional fields compared to organic fields, puducherry. *Pakistan journal of biological sciences*, 16 (14), 661–670. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2013.661.670>
- Asteraki, E.J., Hanks, C.B. & Clements, R.O. (1992). The impact of the chemical removal of the hedge-base flora on the community structure of carabid beetles (Col., Carabidae) and spiders (Araneae) of the field and hedge bottom. *Journal of applied entomology (1986)*, 113 (4), 398–406. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1992.tb00680.x>
- Blumberg, A.Y. & Crossley, D.A., Jr (1983). Comparison of soil surface arthropod populations in conventional tillage, no-tillage and old field systems. *Agro-Ecosystems*, 8 (3–4), 247–253. [https://doi.org/10.1016/0304-3746\(83\)90007-0](https://doi.org/10.1016/0304-3746(83)90007-0)
- Blüthgen, N., Menzel, F. & Blüthgen, N. (2006). Measuring specialization in species interaction networks. *BMC ecology*, 6 (1), 9–9. <https://doi.org/10.1186/1472-6785-6-9>
- Bohan, D. (2021-04-15). *BioAWARE*. <https://projects.au.dk/c-ipm/research/bioaware/> [2021-04-26]
- Brust, G.E. (1990). Direct and indirect effects of four herbicides on the activity of carabid beetles (coleoptera: Carabidae). *Pesticide Science*, 30 (3), 309–320. <https://doi.org/10.1002/ps.2780300308>
- Cavaliere, F., Brandmayr, P. & Giglio, A. (2019). DNA damage in haemocytes of *Harpalus (Pseudophonus) rufipes* (De Geer, 1774) (Coleoptera, Carabidae) as an indicator of sublethal effects of exposure to herbicides. *Ecological indicators*, 98, 88–91. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.10.055>
- Dormann, C., Fruend, J. & Gruber, B. (2020). *Visualising Bipartite Networks and Calculating Some (Ecological) Indices*. <https://github.com/biometry/bipartite>
- Etana, A. (2020-09-09). *Jordbearbetning - Introduktion*. [Inspelad föreläsning]
- Europeiska kommissionen (2017-10-09). *Integrated Pest Management (IPM)*. https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/sustainable_use_pesticides/ipm_en [2021-05-10]

- Frank, S.D., Shrewsbury, P.M. & Denno, R.F. (2011). Plant versus prey resources: Influence on omnivore behavior and herbivore suppression. *Biological Control*, 57 (3), 229–235.
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.03.004>
- Giglio, A., Cavaliere, F., Giulianini, P.G., Kurtz, J., Vommaro, M.L. & Brandmayr, P. (2019). Continuous Agrochemical Treatments in Agroecosystems Can Modify the Effects of Pendimethalin-Based Herbicide Exposure on Immunocompetence of a Beneficial Ground Beetle. *Diversity (Basel)*, 11 (12), 241–.
<https://doi.org/10.3390/d11120241>
- de Heij, S.E. & Willenborg, C.J. (2020). Connected Carabids: Network Interactions and Their Impact on Biocontrol by Carabid Beetles. *Bioscience*, 70 (6), 490–500. <https://doi.org/10.1093/biosci/biaa039>
- Honěk, A., Martinková, Z. & Jarosik, V. (2003). Ground beetles (Carabidae) as seed predators. *European journal of entomology*, 100 (4), 531–544.
<https://doi.org/10.14411/eje.2003.081>
- Jordbruksverkets växtskyddscentraler (2021-02). *Bekämpningsrekommendationer Svampar och insekter 2021*.
<https://www2.jordbruksverket.se/download/18.382598821783902f1ef4ba71/1615988293772/be17v26.pdf>
- Joseph, S.V. (2017). Effects of insecticides on protaphorura fimata (Collembola: Poduromorpha: Onychiuridae) feeding on germinating lettuce. *Journal of entomological science*, 52 (1), 68–81. <https://doi.org/10.18474/JES16-23.1>
- Kegel, B. (1989). Laboratory experiments on the side effects of selected herbicides and insecticides on the larvae of three sympatric Poecilus-species (Col., Carabidae). *Journal of Applied Entomology*, 108 (1–5), 144–155. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1989.tb00444.x>
- Kemikalieinspektionen (2020). *Försålda kvantiteter av bekämpningsmedel 2019*.
https://www.kemi.se/webdav/files/Kemikaliestatistik/Bek%C3%A4mpningsmedel/forsalda_bkm_2019.pdf [2021-05-12]
- Kulkarni, S.S., Dosdall, L.M. & Willenborg, C.J. (2015). The Role of Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) in Weed Seed Consumption: A Review. *Weed science*, 63 (2), 355–376. <https://doi.org/10.1614/WS-D-14-00067.1>
- Loughridge, A.H. & Luff, M.L. (1983). Aphid Predation by Harpalus rufipes (Degeer) (Coleoptera: Carabidae) in the Laboratory and Field. *The Journal of applied ecology*, 20 (2), 451–462.
<https://doi.org/10.2307/2403519>
- Lundgren, J. (2009). Non-Prey Foods and Biological Control of Arthropods. *Relationships of Natural Enemies and Non-Prey Foods*. Springer, Dordrecht, 279–307. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9235-0_16
- Lundkvist, A. (2014). *Ogräskontroll på åkermark*. Tredje upplagan. Jönköping: Anneli Lundkvist och Jordbruksverket.

- Lövei, G.L. & Sunderland, K.D. (1996). Ecology and Behavior of Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annual review of entomology*, 41 (1), 231–256. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.41.010196.001311>
- Menalled, F.D., Smith, R.G., Dauer, J.T. & Fox, T.B. (2007). Impact of agricultural management on carabid communities and weed seed predation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 118 (1), 49–54. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.04.011>
- Nationalencyklopedin *jordlöpare* - Uppslagsverk - NE.se. <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/jordl%C3%B6pare> [2021-05-15]
- Navntoft, S., Esbjerg, P. & Riedel, W. (2006). Effects of reduced pesticide dosages on carabids (Coleoptera: Carabidae) in winter wheat. *Agricultural and forest entomology*, 8 (1), 57–62. <https://doi.org/10.1111/j.1461-9555.2006.00282.x>
- Okabe, M. & Ito, K. (2008-09-24). *Color Universal Design (CUD) / Colorblind Barrier Free*. <https://jfly.uni-koeln.de/color/#pallet> [2021-04-27]
- R Core Team (2021). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. <https://www.r-project.org/> [2021-04-26]
- Roubinet, E., Birkhofer, K., Malsher, G., Staudacher, K., Ekbom, B., Traugott, M. & Jonsson, M. (2017). Diet of generalist predators reflects effects of cropping period and farming system on extra- and intraguild prey. *Ecological Applications*, 27 (4), 1167–1177. <https://doi.org/10.1002/eap.1510>
- Shearin, A.F., Reberg-Horton, S.C. & Gallandt, E.R. (2007). Direct Effects of Tillage on the Activity Density of Ground Beetle (Coleoptera: Carabidae) Weed Seed Predators. *Environmental Entomology*, 36 (5), 1140–1146. [https://doi.org/10.1603/0046-225X\(2007\)36\[1140:DEOTOT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0046-225X(2007)36[1140:DEOTOT]2.0.CO;2)
- Tamburini, G., De Simone, S., Sigura, M., Boscutti, F., Marini, L. & Kleijn, D. (2015). Conservation tillage mitigates the negative effect of landscape simplification on biological control. *The Journal of applied ecology*, 53 (1), 233–241. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12544>
- Thorbek, P. & Bilde, T. (2004). Reduced Numbers of Generalist Arthropod Predators after Crop Management. *Journal of Applied Ecology*, 41 (3), 526–538. <https://doi.org/10.1111/j.0021-8901.2004.00913.x>
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics*. Springer-Verlag New York. <https://ggplot2.tidyverse.org/> [2021-04-26]
- Winder, L., Alexander, C.J., Holland, J.M., Symondson, W.O.C., Perry, J.N. & Woolley, C. (2005). Predatory Activity and Spatial Pattern: The Response of Generalist Carabids to Their Aphid Prey. *The Journal of animal ecology*, 74 (3), 443–454. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2005.00939.x>
- World weather attribution (2018). *Heatwave in northern Europe, summer 2018 – World Weather Attribution*.

<https://www.worldweatherattribution.org/attribution-of-the-2018-heat-in-northern-europe/> [2021-05-11]

Tack

Jag vill rikta ett stort tack till mina handledare Eirini Daouti och Mattias Jonsson. Tack Eirini för att du har stöttat, peppat och hjälpt till med material, utan dina insatser hade detta arbete aldrig blivit vad det blev och jag hade inte haft lika kul längs vägen. Tack Mattias för hjälp med skrivandet, tolkning av resultat och för möjligheten att genomföra detta projekt.

Stort tack till Elsa Rozenbeek för korrekturläsning.

Sist vill jag även rikta ett tack till min familj som har stöttat och peppat mig under arbetes gång.